

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08336967
PUBLICATION DATE : 24-12-96

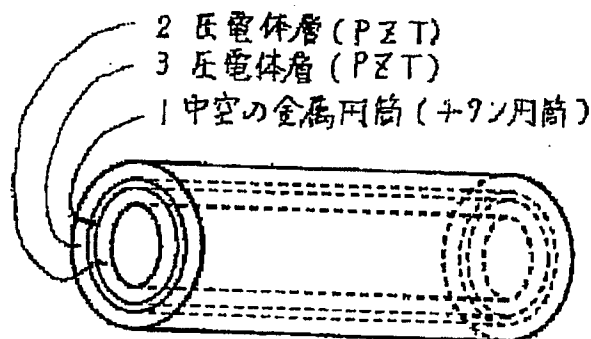
APPLICATION DATE : 14-06-95
APPLICATION NUMBER : 07147041

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : FUKAZAWA NAOTO;

INT.CL. : B41J 2/045 B41J 2/055 C04B 35/49
C30B 7/10 H01L 41/09 H01L 41/187
H01L 41/24

TITLE : PIEZOELECTRIC ELEMENT AND
MANUFACTURE THEREOF



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a piezoelectric element in which piezoelectric material layers whose dimension, composition, and density are controlled in high precision are formed directly on an optional surface of a narrow cylindrical base and a method for making the piezoelectric element.

CONSTITUTION: A piezoelectric element has a base of a hollow metal cylinder 1 and is equipped with piezoelectric material layers 2, 3 which are formed directly on the inner surface, outer surface, or both surfaces of the cylinder 1. In the manufacturing method of the element, by a hydrothermal synthetic method in which the main component of the cylinder 1 is made one element to be reacted in the presence of water of high temperature and high pressure, the piezoelectric material layers 2, 3 are formed directly on the surface of the metal cylinder 1 through a nucleus formation process and a crystal growth process.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-336967

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A
	2/055		C 3 0 B 7/10	
C 0 4 B	35/49		C 0 4 B 35/49	A
C 3 0 B	7/10		H 0 1 L 41/08	C
H 0 1 L	41/09		41/18	1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-147041

(22) 出願日 平成7年(1995)6月14日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 内田 真治

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 深沢 直人

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

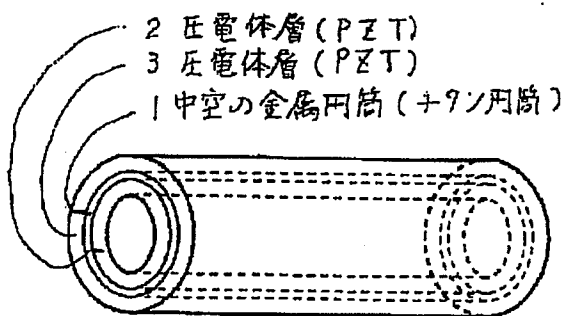
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 圧電素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 寸法、組成、密度が精度よく制御された圧電体層が細い円筒状基盤の任意の面に直接形成された圧電素子とその製造方法を提供する。

【構成】 圧電素子は中空の金属円筒1を基盤とし、その内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層2および3を備える。また、その製造方法は中空の金属円筒1の主成分を一つの合成要素として高温高圧の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て圧電体層2および3を金属円筒の表面に直接形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層と、この圧電体層の表面に形成された電極とを備えたことを特徴とする圧電素子。

【請求項2】中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部とし、その一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を有することを特徴とする請求項1記載の圧電素子。

【請求項3】チタンからなる中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層とを備えたことを特徴とする請求項1記載の圧電素子。

【請求項4】中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高压の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て金属円筒の表面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の圧電素子の製造方法。

【請求項5】水熱合成法が、予め定まる鉛：ジルコニウムのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液の混合液に水酸化カリウム8規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒を浸し、150°C前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の核形成を行う核形成工程と、予め定まる鉛：ジルコニウム：チタンのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液と四塩化チタン水溶液の混合液に水酸化カリウム4規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中に核形成済金属円筒を浸し、120°C前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行う結晶成長工程とを含むことを特徴とする請求項4記載の圧電素子の製造方法。

【請求項6】中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成し、水熱合成法により前記中空の金属円筒内周面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項4または請求項5記載の圧電素子の製造方法。

【請求項7】中空の金属円筒の両端部を蜜栓し、この状態で水熱合成法により金属円筒の外周面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項4または請求項5記載の圧電素子の製造方法。

【請求項8】棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して前記棒状のプラスチック材を焼成除去することを特徴とする請求項4または請求項5記載の圧電素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、圧電体層が基盤となる細い管状の金属円筒の表面に直接形成された圧電素子およびその製造方法、ことにインクジェット記録装置などにインク滴の吐出駆動源として用いられる圧電素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】チタン酸ジルコン酸鉛（以下PZTと略称する）に代表される圧電性セラミックスからなる圧電体は、その高い圧電効果および逆圧電効果を利用した電気的エネルギーと機械的エネルギーの相互変換素子として広く利用されている。また、PZT圧電体の製造方法は、原料であるPbO、ZrO₂、TiO₂粉末を調合、混合した後、仮焼成工程、粉碎工程を経てPZT粉末とし、1mm以上の厚みの圧電体は加圧成形法により成形した後、焼成工程で固相反応させ、その後数kV/mm程度の電界を印加して分極処理を行い、その両面に電極を形成して製品とする方法が一般的である。また、厚み1mm以下の薄板または円筒状の圧電体は上述の加圧成形法で得られた圧電体を所望の形状寸法に切削加工する方法で製造される。さらに、厚み100μm以下のPZTシートの成形にはドクターブレードを用いたシート成形法が一般的に用いられるとともに、スパッタ法、CVD法、ゾルゲル法などの製膜方法も知られている。さらにまた、高温高压の水の存在下で核形成工程および結晶成長工程を経てチタン基盤の表面にPZT薄膜を直接形成する水熱法により厚み20μm程度のPZT薄膜の製造に成功した例が、K. Simamura, T. Tsurumi, Y. Ohba, D. Daimon等によって報告されている（Jpn. J. Appl. Phys. 30(1991)2174）。

【0003】一方、近年圧電素子の新たな応用分野としてインクジェット記録装置が注目されている。インクジェット記録ヘッド機構を用いた印刷装置は構成が簡素であるという利点から、小型軽量性が要求される卓上プリンタやファックスなどの分野に広く用いられている。インクジェット記録ヘッドの機構には幾つかの方式が提案されているが、インク供給部から分岐して末端にノズル部を有する複数のインク流路の途中の加圧室部に直径10～200μm程度の細長い円筒形の圧電素子を設け、この部分を加圧ポンプとして機能させてノズル部からインク滴を吐出させる方式が、ヘッド寿命が半永久的でランニングコストが低いなどの特長を生かして広く用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように構成されたインクジェット記録ヘッドに適用可能な直径10～200μm程度の細長い円筒形の圧電素子は、従来、成型型により固相反応法で成形した細長い円筒形の圧電体の両端に、別体に形成されたノズル部およびマイクロバルブを有するインク供給管部を気密に連結してインク流路

3

を形成する方法で製造されていた。このため、得られる固相反応法で得られる圧電体の寸法制御、組成制御、密度制御が難しく、十分な圧電特性が得られ難いとともに、必要な寸法精度を得るための仕上げ加工やインク流路の後付け加工に手間がかかり、製作コストの上昇を招くという問題があった。

【0005】また、CVD法やゾルゲル法で得られる圧電体はその厚みが数 μm 程度と薄く、インクジェット記録ヘッドで必要とする駆動力を得難いという問題があった。さらに、水熱法によれば、基盤の表面に圧電体層を直接形成でき、かつその組成制御性に優れ、200°C以下の低温で厚み20 μm 程度の均質なPZT圧電体層を形成できる利点を有するものの、平板状の基盤にPZT層を形成した成功例しかなく、筒型のインクジェット記録ヘッドへの適用を可能にするためには直径10~200 μm 程度の細長い円筒形の圧電素子の製造技術の確立が求められている。

【0006】この発明の目的は、寸法、組成、密度が精度よく制御された圧電体層が細い円筒状基盤の任意の面に直接形成された圧電素子とその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前述の目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層と、この圧電体層の表面に形成された電極とを備える。ここで、請求項2に記載の発明は、中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部とし、その一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を備えるようにすると良い。

【0008】また、請求項3に記載の発明は、チタンからなる中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を備えるようにすると良い。一方、請求項4に記載の発明は、中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高压の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て圧電体層を金属円筒の表面に直接形成すると良い。

【0009】ここで、請求項5に記載の発明は、水熱合成法が、予め定まる鉛：ジルコニウムのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液の混合液に水酸化カリウム8規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒を浸し、150°C前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の核形成を行う核形成工程と、予め定まる鉛：ジルコニウム：チタンのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液と四塩化チタン水溶液の混合液に水酸化カリウム4規定水溶液を加えた混

4

合液を処理液とし、この処理液中に核形成済金属円筒を浸し、120°C前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行う結晶成長工程とを含むようにすると良い。

【0010】また、請求項6に記載の発明は、中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成し、水熱合成法により前記中空の金属円筒の内周面に直接圧電体層を形成するようにすると良い。さらに、請求項7に記載の発明は、中空の金属円筒の両端部を塞栓し、この状態で水熱合成法により金属円筒の外周面に直接圧電体層を形成すると良い。

【0011】さらにまた、請求項8に記載の発明は、棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して前記棒状のプラスチック材を焼成除去するようにすると好便である。

【0012】

【作用】請求項1に記載の発明では、中空の金属円筒からなる基盤の内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接圧電体層が形成されることにより、圧電体層の伸縮が金属円筒に緊縛力として直接作用し、金属円筒内容積の変化としてのポンプ作用を効率よく発生させることができる。

【0013】ここで、請求項1に記載の発明のように、中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部としてその一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を備えれば、中空の金属円筒そのものがインク流路として機能し、圧電体層によるインク加圧室部のポンプ作用を駆動源としてノズル部からインク滴を効率よく吐出させることができる。

【0014】また、請求項3に記載の発明のように、中空の金属円筒にチタンを用い、その内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)からなる圧電体層を設けることにより、PZTの優れた圧電特性を生かして強力なポンプ作用を有する圧電素子が得られる。一方、請求項4に記載の発明では、中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高压の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て金属円筒の表面に圧電体層を直接形成するようにしたので、中空の金属円筒の露出面を圧電体層の形成領域として請求項1から請求項3のいずれかに記載の圧電素子を、寸法精度を確保するための後加工などを必要とせずに製作することが可能になる。

【0015】ここで、請求項5に記載の発明のように、PZT層の水熱合成法が、核形成工程および結晶成長工程を液状の処理液を用いて行う方法であるため、その溶液調整により得られるPZT層の組成を精度良く制御で

き、また高温高压雰囲気管理により得られるPZT層の寸法、密度を精度よく制御でき、かつ、水熱合成反応が液中で行われるために金属円筒の寸法に左右されることがなく、金属円筒の露出面を指定領域として寸法精度が良く、比誘電率、圧電定数、およびヤング率の高いPZT層を備えた圧電素子が得られる。

【0016】また、請求項6に記載の発明のように、中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成しておけば、露出した金属円筒の内周面を指定領域として中空の金属円筒の内側に圧電体層を備えた圧電素子を、水熱合成法により容易に得ることができる。さらに、請求項7に記載の発明のように、中空の金属円筒の両端部を蜜栓し、この状態で金属円筒の外周面に水熱合成法により直接圧電体層を形成すれば、露出した金属円筒の外周面を指定領域として中空の金属円筒の外側に圧電体層を備えた圧電素子を水熱合成法により容易に得ることができる。

【0017】さらにまた、請求項8に記載の発明では、棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して棒状のプラスチック材を焼成除去したことにより、内周面に白金電極を有する筒状のPZT圧電素子が得られる。

【0018】

【実施例】以下この発明を実施例に基づいて説明する。図1はこの発明の一実施例を示す圧電素子の斜視図である。図において、圧電素子は内径約1.2mmのチタンからなる中空の金属円筒1の内外両面に直接厚み約10μmのPZT層からなる圧電体層2および3が形成されており、圧電体層2および3の表面に図示しない金属電極が例えば蒸着法、スパッタ法、塗膜焼き付け法、など従来と同様な方法によって形成される。

【0019】次に、図1に示す圧電素子の水熱合成法による製造方法について説明する。核形成工程は、鉛：ジルコニウムのモル比が1.25：0.52になるよう硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液とを混合し、この混合液に水酸化カリウム8規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒1を浸し、オートクレーブ中で150°Cの密閉雰囲気中で48時間加熱してチタン円筒の内外周面にそれぞれチタン酸ジルコン酸鉛の核形成を行った。

【0020】結晶成長工程は、鉛：ジルコニウム：チタンのモル比が1.25：0.52：0.48になるよう硝酸鉛水溶液、オキシ塩化ジルコニウム水溶液、四塩化チタン水溶液を混合し、この混合液に水酸化カリウム4規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中に核形成済みの金属円筒1を浸し、120°Cの密閉雰囲気中で48時間チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行

った。

【0021】上記2段階からなる水熱合成を終了し、水洗、乾燥処理した圧電素子は、チタン円筒の内周面、外周面に直接PZT圧電体層2および3が形成されており、その厚みはそれぞれ約10μmであった。また、PZT圧電体層2および3の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1800、圧電定数 d_{33} が 4.2×10^{-10} m/v、ヤング率が 5.6×10^{10} N/m²を示し、良好な圧電特性を有することが実証された。

【0022】図2はこの発明の異なる実施例を示す圧電素子の斜視図である。図に示す実施例が図1に示す実施例と異なるところは、外周面に白金電極を形成したチタン円筒10を用いて図1に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によってPZT圧電体層を形成した点にある。この場合、核形成工程において白金電極4により処理液とチタン円筒との接触が遮断されるため、チタン円筒の外周面でのチタン酸ジルコン酸鉛の核形成反応が阻止され、チタン円筒10の内周面にのみPZT圧電体層2を備えた圧電素子が得られる。得られたPZT圧電体層2の厚みは約10μmであった。また、PZT圧電体層2の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1650、圧電定数 d_{33} が 4×10^{-10} m/v、ヤング率が 5.5×10^{10} N/m²を示し、図1に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

【0023】図3はこの発明のさらに異なる実施例を示す圧電素子の斜視図である。図に示す実施例が図1に示す実施例と異なるところは、チタン円筒1の両端部をプラスチックシール材5によって密封し、この状態で図1に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によってPZT圧電体層を形成した点にある。この場合、チタン円筒1の中空部内では水熱合成反応が起こらないので、チタン円筒1の外周面側にのみPZT圧電体層3を備えた圧電素子が得られる。得られたPZT圧電体層2の厚みは約10μmであった。また、PZT圧電体層3の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1700、圧電定数 d_{33} が 4×10^{-10} m/v、ヤング率が 5.5×10^{10} N/m²を示し、図1に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

【0024】図4はこの発明の他の実施例を示す圧電素子の斜視図である。図に示す実施例が図1に示す実施例と異なるところは、チタン円筒1の代わりに図示しないプラスチック丸棒6の外周面に白金薄膜+チタン薄膜の二重層11を形成したものをを用い、図1に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によってPZT圧電体層を形成した点にある。この場合、二重層11のチタン薄膜を合成成分の一つとする核形成過程を経てPZT圧電体層3が形成される。そこで、全体を1000°Cの鉛蒸気雰囲気中で1時間加熱してプラスチック丸棒6を焼却除去す

7

ると、PZT層3の内周面に白金薄膜+チタン薄膜の二重層11を備えた圧電素子が得られる。このようにして得られたPZT圧電体層2の厚みは約10 μ mであった。また、PZT圧電体層3の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1600、圧電定数 d_{33} が 3.9×10^{-10} m/v、ヤング率が 5.3×10^{10} N/m²を示し、図1に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

【0025】図5はこの発明の異なる他の実施例を示す圧電素子の斜視図である。図に示す実施例が図3に示す実施例と異なるところは、内径100 μ mのチタン製の中空の金属円筒21が、内径100 μ mの円筒部分をインク加圧室部22とし、その一方端にノズル部23を、他方端にインク供給管部24を有するインク流路21を形成したところにあり、図3に示す実施例と同様に、ノズル部23およびインク供給管部24の中空部をプラスチックシール材6によってシールし、かつその外周面には圧電体層の形成を阻止する塗料を塗布した状態で、図1に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によりインク加圧室部22の外周部分にPZT圧電体層3を形成した。

【0026】このようにして得られたPZT層2の厚みは約10 μ mであった。また、PZT圧電体層3の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1700、圧電定数 d_{33} が 4×10^{-10} m/v、ヤング率が 5.5×10^{10} N/m²を示し、図3に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。また、得られた圧電素子のインク供給管部24を図示しないマイクロバルブを介してインク供給装置に組み込み、インク吐出特性を測定した。その結果、PZT圧電体層3に印加する電圧のオンオフに対応した数のインク滴を噴射でき、インクジェット記録ヘッドとして良好なインク吐出特性が得られることが実証された。なお、PZT圧電体層は加圧室部22の内周側に形成してもよく、PZT圧電体層の伸縮を直接インクに伝達してより良好なインク吐出特性が得られる。また、この発明の圧電素子の製造方法はPZT系圧電素子に限定されるものではなく、円筒型の圧電性セラミックスの製造技術として広く応用が可能である。

【0027】

【発明の効果】この発明の圧電素子およびその製造方法は前述のように、水熱合成法の導入により、溶液調整および温度管理により組成、寸法、および密度を良く制御した圧電体層を金属円筒の表面に直接形成することが可能になり、従来の製造方法では困難であった比誘電率、圧電定数、およびヤング率の高い良好な圧電特性を有する筒状の圧電素子を経済的にも有利に提供することがで

8

きる。

【0028】また、マスキング技術の確立により基盤となる金属円筒の内周、外周、あるいは内外周の任意の指定領域に直接圧電体層を形成することが可能であり、かつ、基盤となる金属円筒を予めインク流路に適した構造に前加工しておくことにより、従来固相反応法で製作した筒状の圧電素子にノズル部やインク供給管路などを連結するなどの後付け加工が排除されて製作コストが低く、かつ圧電素子の振動を直接インク吐出力に変換できる圧電素子を駆動ポンプとして備えたインクジェット記録ヘッドを経済的にも有利に提供できる。

【0029】さらに、金属円筒の内径が100 μ m以下の細長い圧電素子も製造できるので、マルチノズル型のインクジェット記録ヘッドをコンパクトに形成することが容易であり、例えば印字ドット数の多いインクジェットプリンターや、カラープリンター、さらには階調表示が可能なインクジェットプリンターなどの機能向上に貢献できると期待される。

【0030】さらにまた、金属薄膜処理されたプラスチック丸棒を用いることにより、金属円筒を電極としての金属薄膜に置き換えた筒状の圧電素子も容易に得られるので、金属円筒を必要としない筒状の圧電素子として広い用途が期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を示す圧電素子の斜視図

【図2】この発明の異なる実施例を示す圧電素子の斜視図

【図3】この発明のさらに異なる実施例を示す圧電素子の斜視図

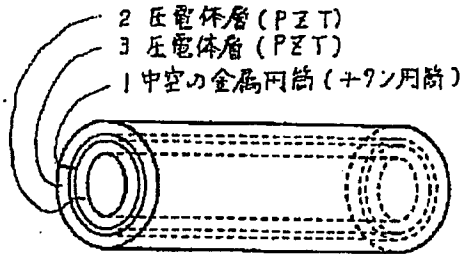
【図4】この発明の他の実施例を示す圧電素子の斜視図

【図5】この発明の異なる他の実施例を示す圧電素子の斜視図

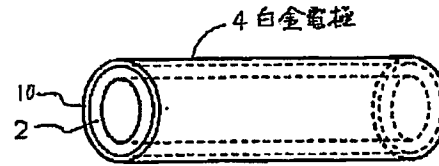
【符号の説明】

- | | |
|----|---------------------|
| 1 | 中空の金属円筒（チタン円筒） |
| 2 | 圧電体層（PZT、内周側） |
| 3 | 圧電体層（PZT、外周側） |
| 4 | 白金電極 |
| 5 | プラスチックシール材 |
| 6 | プラスチック丸棒 |
| 10 | 白金電極付チタン円筒 |
| 11 | 白金膜とチタン膜の二重層 |
| 21 | 中空の金属円筒（チタン製、インク流路） |
| 22 | 加圧室部 |
| 23 | ノズル部 |
| 24 | インク供給管部 |

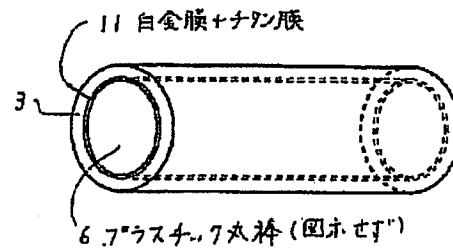
【図1】



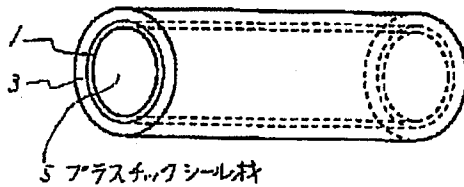
【図2】



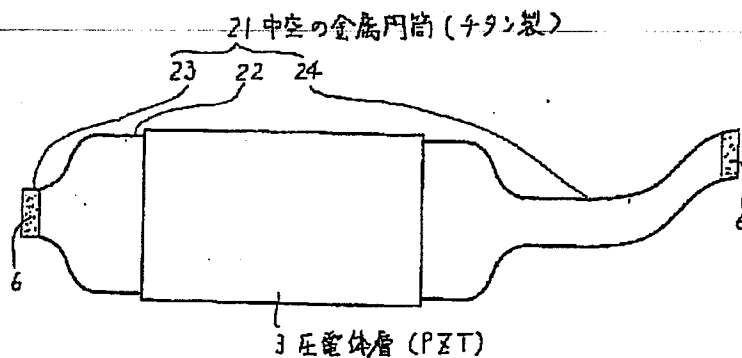
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶H01L 41/187
41/24

識別記号

片内整理番号

FI

H01L 41/22

技術表示箇所

A